



Utvärdering av pulsoximeterprob med reflektansteknik på hund och katt under anestesi

Evaluation of pulse oximeter probe with reflectance technique during anesthesia in dogs and cats

Filippa Klippel och Amelie Axelsson

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för kliniska vetenskaper (KV)
Djursjukskötarprogrammet
Uppsala 2021



Utvärdering av pulsoximeterprob med reflektansteknik på hund och katt under anestesi

Evaluation of pulse oximeter probe with reflectance technique during anesthesia in dogs and cats

Filippa Klippel och Amelie Axelsson

Handledare:	Anneli Rydén, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper
Bitr. handledare:	Desiree Ferrari, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper
Examinator:	Patricia Hedenqvist, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper
Omfattning:	15 hp
Nivå och fördjupning:	Grundnivå, G2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i djuromvårdnad
Kurskod:	EX0994
Program/utbildning:	Djursjukskötarpprogrammet
Kursansvarig inst.:	Institutionen för kliniska vetenskaper, Avdelningen för djuromvårdnad
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2021
Omslagsbild:	StockSnap, Pixabay
Nyckelord:	Syremättnad, hjärtfrekvens, pletysmografi, transmissionsteknik, pulsoximetri, djursjukvård

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för kliniska vetenskaper

Avdelningen för djuromvårdnad

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Arteriell syremättnad i blodet är en livsviktig parameter att monitorera vid anestesi och intensivvård inom djursjukvård. Otillräcklig syresättning kan leda till hypoxi, syrebrist i vävnaden, och åtgärdas det inte kan det i värsta fall medföra att patienten avlider. Arteriell syremättnad kan mätas kontinuerligt med pulsoximetri eller vid en specifik tidpunkt genom arteriell blodgasanalys. Inom pulsoximetri finns två olika mätningstekniker; transmission- och reflektansteknik. Med transmissionsteknik är lysdioderna och fotodioden placerade på motsatt sida av vävnaden medan de i reflektansteknik är placerade på samma sida av vävnaden. Reflektansteknik används endast i liten utsträckning inom djursjukvård och relativt få artiklar inom djursjukvård beskriver reflektansteknik till skillnad från humansjukvård där reflektansteknik omnämns i flertalet artiklar.

I denna studie undersöktes huruvida det var möjligt att mäta arteriell syremättnad och hjärtfrekvens med reflektansteknik på djur och vilka placeringarna som var de mest optimala för proben. Studien genomfördes under nio dagar på Universitetsdjursjukhusets operationsavdelning och totalt 21 djur ingick i studien, varav 17 hundar och fyra katter. En pulsoximeterprob med reflektansteknik placerades på olika områden på kroppen och uppmätt syremättnad och hjärtfrekvens noterades. På en del av patienterna var även en pulsoximeterprob med transmissionsteknik placerad. Resultaten som erhöles från respektive teknik jämfördes. Ingen arteriell blodgas analyserades under studien. Med jämna mellanrum palperades femoralartären och hjärtfrekvensen noterades. Denna jämfördes med hjärtfrekvens uppmätt med respektive teknik. Resultatet påvisade ett starkt positivt samband mellan syremättnad och hjärtfrekvens uppmätt med transmission- och reflektansteknik. Det visade även ett starkt positivt samband mellan palperad hjärtfrekvens och hjärtfrekvens uppmätt med reflektansteknik. Flest resultat med reflektansteknik gavs från svansrot och lumske, dock placerades även reflektansproben flest antal gånger på dessa områden. Därmed kan ingen slutsats dras om vilka områden som är de mest optimala för mätning med reflektansteknik.

Nyckelord: Syremättnad, hjärtfrekvens, pletysmografi, transmissionsteknik, pulsoximetri, djursjukvård

Abstract

Arterial oxygen saturation in the blood is a vital parameter to monitor, especially during anesthesia and intensive care in the veterinary field. Insufficient oxygen saturation can cause hypoxia, low oxygen levels in the tissue, and if it is not addressed it can in worse case lead to death. Arterial oxygen saturation can be monitored continuously with pulse oximetry, or at a specific time with arterial blood gas analysis. There are two pulse oximetry measuring techniques; transmission- and reflectance technique. Transmission technique has the LED lights and the photodiode placed on the opposite side of the tissue, while reflectance technique has them placed on the same side of the tissue. Reflectance technique is not commonly used in veterinary care. There are just a few articles about reflectance technique from the veterinary field compared to the human health field.

This study examined whether it was possible to measure arterial oxygen saturation and heart rate in dogs and cats with the help of reflectance technique, and which areas on the body that were the most optimal to place the probe. The study was conducted over nine days in the surgery room at the University animal hospital. A total of 21 pets participated, 17 dogs and four cats. A pulse oximetry probe with reflectance technique were placed at different measuring areas of the body, and measured oxygen saturation and heart rate were noted. Some of the patients also had a transmission probe placed. The results obtained from each technique were compared. No arterial blood gases were analysed in this study. The heart rate was periodically palpated from the femoral artery. It was compared to the heart rate measured with each technique. The result showed a strong positive correlation between oxygen saturation and heart rate measured with transmission and reflectance technique. It also showed a strong positive correlation between palpated heart rate and heart rate measured with reflectance technique. Most results were recieved from the base of the tail and the groin, however, the probe was placed the most number of times in these measurement areas. Therefore, no conclusion can be drawn as to which areas are the most optimal for measurement with reflectance technique.

Keywords: Oxygen saturation, heart rate, plethysmography, transmission technique, pulse oximetry, animal health care

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	8
Figurförteckning	9
1. Inledning	11
1.1. Syfte	11
1.2. Frågeställning	12
2. Bakgrund.....	13
2.1. Pulsoximetri	13
2.2. Placering.....	15
2.3. Felkällor	16
2.4. Felmarginal	18
3. Material och metod	20
3.1. Patientinformation	20
3.2. Materiel.....	20
3.3. Utformning av protokoll.....	21
3.4. Förberedelser.....	22
3.5. Genomförande av mätning	22
3.5.1. Placering av reflektansprob.....	23
3.6. Efterarbete av data.....	26
4. Resultat	27
5. Diskussion	32
5.1. Resultat	32
5.2. Metod.....	33
5.3. Framtida studier	38
6. Slutsats	40
Referenser	41
Tack	43
Bilaga 1.....	44

Tabellförteckning

Tabell 1: Information om samtliga patienter som ingick i mätningarna med reflektansteknik.	27
----------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figurförteckning

Figur 1: Förhållande mellan kvot rött:IR ljus och blodets syremättnad, SpO ₂	15
Figur 2: Det ljus som absorberas av artärblod (rött) respektive det ljus som absorberas konstant av omgivande vävnad (svart).....	15
Figur 3: Elektrokardiografi (grön) och pletysmografikurva (orange) som båda registrerar hjärtfrekvensen (HR/Pulse), dock med en viss fördröjning....	15
Figur 4: Felmarginal på $\pm 2\%$ vid mätning av syremättnad med pulsoximetri.	19
Figur 5: Reflektansprob.....	21
Figur 6: Transmissionprob.....	21
Figur 7: LifeWindow monitor.....	21
Figur 8: Placering svansrot, hålls på plats för hand.....	24
Figur 9: Placering svansrot med självelastisk binda.....	24
Figur 10: Placering bredvid analöppning, hålls på plats för hand.....	24
Figur 11: Placering insida öra, hålls på plats för hand.....	24
Figur 12: Placering ljumske, hålls på plats för hand.....	25
Figur 13: Placering ljumske med självelastisk binda.....	25
Figur 14: Placering tass, hålls på plats för hand.....	25
Figur 15: Placering has med självelastisk binda.....	25
Figur 16: Placering armhåla, hålls på plats för hand.....	26
Figur 17: Placering rektalt med termometerskydd.....	26
Figur 18: X-axeln visar syremättnad (SpO ₂ %) och antal mätningar (inom parentes) med reflektansteknik (Refl). Y-axeln visar medelvärdet (\pm standardavvikelse) på syremättnad (SpO ₂ %) med transmissionsteknik (Trans) vid samma mättpunkt.	29
Figur 19: Sambandet mellan hjärtfrekvens (HR) uppmätt med reflektansteknik (Refl) och transmissionsteknik (Trans) vid samma mättpunkt.....	29
Figur 20: Sambandet mellan palperad hjärtfrekvens (HR palp) och hjärtfrekvens uppmätt med reflektansteknik (HR Refl) vid samma mättpunkt.	30
Figur 21: Sambandet mellan palperad hjärtfrekvens (HR palp) och hjärtfrekvens uppmätt med transmissionsteknik (HR Trans) vid samma tidpunkt.....	30

1. Inledning

Pulsoximetri är en teknik som används för att beräkna arteriell syremättnad och hjärtfrekvens. Genom att utnyttja blodets absorptionsförmåga av ljus, kan beräkningarna utföras med hjälp av en icke invasiv teknik. Inom djursjukvården mäts det arteriella blodets syremättnad främst vid anestesisjukvård samt vid intensivvård. Blodets syremättnad är livsavgörande och behöver noggrant monitoreras på patienter där sjukdom eller läkemedel rubbat patientens normala cirkulation och respiration. Syremättnad kan mätas kontinuerligt med en pulsoximeter och den vanligaste tekniken som används idag är transmission, som innebär att lysdioderna och fotodioden placeras på motsatta sidor av vävnaden. Syremättnad kan även mätas med reflektansteknik, där dessa placeras på en sida av vävnaden, dock används tekniken endast i liten utsträckning inom djursjukvård (Duke-Novakovski et al. 2016). Nackdelen med transmissionprober är att de ofta behöver placeras mer perifert än reflektansprober och påverkas då mer av låg perfusion, vid till exempel hypotermi och hypotension (Jensen et al. 1998). Enligt en studie av Schallom et al (2007) erhöll reflektanstekniken ett mer tillförlitligt resultat gällande blodets syremättnad hos intensivvårdspatienter inom humansjukvården. Därför är det av intresse att undersöka om reflektansteknik kan vara ett alternativ då transmissionstekniken inte kan användas eller inte fungerar optimalt.

1.1. Syfte

Syftet med denna undersökning är att utvärdera en pulsoximeterprob med reflektansteknik på hundar och katter och om den kan komplettera transmissionstekniken.

1.2. Frågeställning

Kan mätning av syremättnad och hjärtfrekvens med reflektansteknik utföras på hund och katt under anestesi?

Vilken är den mest optimala placeringen av en pulsoximeterprob med reflektansteknik för mätning av syremättnad och hjärtfrekvens på hund och katt under anestesi?

2. Bakgrund

Mätning av arteriell syremättnad av hemoglobin i blod med pulsoximetri används inom akutsjukvård, intensivvård och anestesi inom humansjukvården (Schallom et al. 2007). Det är viktigt att kontrollera syresättning även hos djur då hypoxi är en vanlig orsak till dödsfall inom djursjukvården. Den optimala metoden för att kontrollera syresättning är att analysera en arteriell blodgas, dock visar ett sådant blodprov endast syresättning vid den specifika tidpunkten provet tas. För att underlätta blodprovstagning kan en kateter placeras i artären, men de kan vara svåra att placera och ge komplikationer såsom infektion, ocklusion eller att blodkärlet spricker. Vid flertalet blodprovstagningar på små djur kan det orsaka anemi, beroende på mängden blod som tas (Calabro et al. 2013). Ett alternativ till arteriell blodgas för att mäta syremättnad i blod är pulsoximetri, en icke-invasiv mätningss metod som mäter kontinuerligt över tid (Wax et al. 2009). En pulsoximeter kan registrera ett resultat av syremättnad på endast några sekunder, vilket kan ge svar på hur väl patienten syresätter sig långt innan kliniska symtom, såsom cyanos, uppstår (Haskins et al. 2004:193) Då en pulsoximeter mäter icke-invasivt är det både säkrare för patienten och mer kostnadseffektivt (Lee et al. 2016).

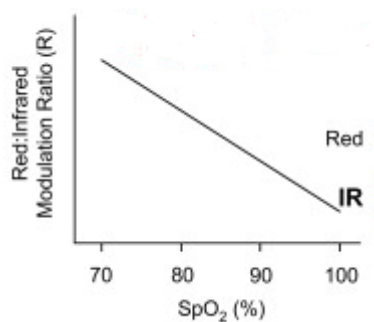
2.1. Pulsoximetri

En pulsoximeter består av två lysdioder och en fotodiod i en transmissionprob. Lysdioderna sänder ut infrarött ljus med en våglängd på 940 nanometer och rött ljus med en våglängd på 660 nanometer. Ljuset från lysdioderna passerar genom vävnaden och tas upp av fotodioden på motsatt sida som i sin tur omvandlar ljuset till elektriska impulser. Därefter kalkylerar pulsoximetern ett värde av blodets syremättnad baserat på hur mycket av ljuset som absorberats. Värdet anges i

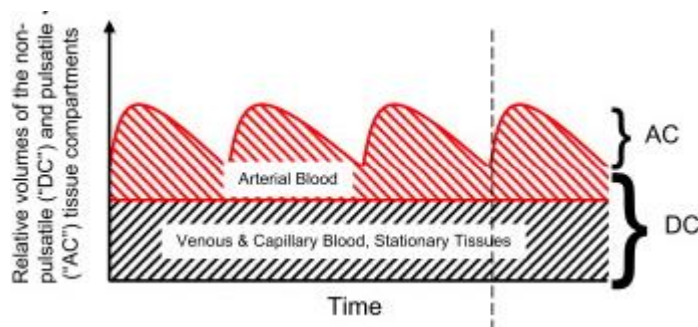
procent (Chan et al. 2013). Till skillnad från en transmissionprob sitter ljusdioderna och fotodioden på samma sida i en reflektansprob. Ljuset som inte absorberats reflekteras då tillbaka till fotodioden. (Duke-Novakowski et al. 2016). Mängden ljus som absorberas beror på hur stor del av hemoglobinet som är mättat respektive omättat med syre samt mängden vävnad ljuset passerar (Chan et al. 2013).

Hemoglobin som är omättat kallas för deoxihemoglobin och hemoglobin som är mättat kallas för oxyhemoglobin. Deoxihemoglobin och oxyhemoglobin absorberar olika stor mängd av infrarött och rött ljus. Oxyhemoglobin absorberar mer infrarött ljus och mindre rött ljus än deoxihemoglobin. Dock absorberas ljus även av omgivande vävnad såsom vener, hud, skelett och fett. Pulsoximetern har en förmåga att skilja på det ljus som absorberas konstant av omgivande vävnad och det ljus som varierar med arteriella pulsationer. Vid beräkning av syremättnad mäter pulsoximetern endast värdet från det arteriella blodet. En kvot av mängden rött respektive infrarött ljus som absorberats av artärblodet beräknas. En låg kvot ger ett högt procentuellt värde på syremättnad och en hög kvot ger ett lågt procentuellt värde på syremättnad, enligt figur 1 (Chan et al. 2013).

Vid användning av pulsoximeter visas även en pletysmografikurva baserad på mätningar av den volym i artärblodet som varierar mellan systole och diastole. Under systole ökar artärblodets volym och då absorberas mer av både rött och infrarött ljus vilket medför att kurvan på pletysmografin ökar. Vid diastole minskar artärblodets volym och då absorberas mindre ljus, vilket medför att kurvan sänks, enligt figur 2. Detta har ingen påverkan på syremättnaden (Chan et al. 2013). I figur 3 visas hur hjärtfrekvensen från pletysmografikurvan och från elektrokardiografin infaller nästan samtidigt.



Figur 1: Förhållande mellan kvot rött:IR ljus och blodets syremättnad, SpO_2 (Chan et al. 2013).



Figur 2: Det ljus som absorberas av artärblod (rött) respektive det ljus som absorberas konstant av omgivande vävnad (svart) (Chan et al. 2013).



Figur 3: Elektrokardiografi (grön) och pletysmografikurva (orange) som båda registrerar hjärtfrekvensen (HR/Pulse), dock med en viss fördröjning (Foto: Filippa Klippel 2021).

2.2. Placering

Inom humansjukvården placeras pulsoximeterproben mestadels på panna, finger, öra eller näsa då dessa områden är mycket kärlrika (Chan et al. 2013). Vid användning av en reflektansprob är det en fördel att placera proben över skelettben, till exempel i pannan eller över bröstbenet, då det medför en bättre reflektion av

ljuset (König et al. 1998). Enligt Haskins et al. (2004:195) är generellt de mest optimala placeringarna av en transmissionprob på läpp, tunga, penis eller vulva inom djursjukvård. Det är även av betydelse vilket tryck proben har mot huden. I en studie av Mair et al. (2017) undersöktes huruvida resultatet från pulsoximetern påverkades när en kompress, två kompresser, en fjärdedels kompress, rött tyg eller vitt papper placerades mellan prob och vävnad. Hos både hundar och katter gav en kompress det signifikant högsta värdet på syremättnad jämfört med kontrollgruppen. Deras teori var att det högre värdet berodde på ett ökat tryck mot vävnaden. I samma studie undersöktes även om medial eller lateral placering av pulsoximeterproben på tungan var av betydelse. Resultatet visade en signifikant högre syremättnad när proben placerades mediallyt. Deras teori var att skillnaden berodde både på att tungartären går mediallyt i tungan samt att tungan är tjockare mediallyt vilket skapade ett högre tryck från proben mot vävnaden (Mair et al. 2017).

2.3. Felkällor

Vid mätning av syremättnad finns det situationer där värdet från pulsoximetern inte motsvarar det fysiologiskt korrekta värdet. Dessa situationer är felkällor som måste tas i beaktning vid tolkning av mätvärdet. Felkällorna kan delas upp i två underkategorier; handhavande och fysiologiska felkällor.

Handhavande felkällor

Handhavande felkällor är situationer där människan är orsaken till det felaktiga mätvärdet. Det kan vara till exempel dålig placering av prob, rörelse av prob eller omgivande ljuskällor (Chan et al. 2013).

En dåligt placerad prob kan vara när vävnaden inte täcker hela proben. Då passerar ljuset runt vävnaden i stället för genom och absorberas därmed inte av vävnaden. Detta medför att pulsoximetern räknar ut ett felaktigt värde på syremättnad (Chan et al. 2013). Detta kan vara ett problem vid applicering av proben på små djur (Haskins et al. 2004:195). Ytterligare ett exempel på en dålig placering är om proben placeras mot vävnaden med ett för högt tryck och skapar venösa pulsationer,

som uppfattas av pulsoximetern. Pulsoximetern inkluderar då det venösa blodets syremättnad i beräkningen vilket ger ett falskt lågt mätvärde på syremättnad (Chan et al. 2013). Ett för högt tryck mot vävnaden kan orsaka dålig perfusion i området och därför bör proben flyttas varannan till var fjärde timme vid långvarig användning (Haskins et al. 2004:195).

Även yttre påverkan på patient eller prob påverkar mätresultatet. I en studie av Trivedi et al (1997) skapades det en simulerad rörelse på två respektive fyra hertz och samtidigt mättes syremättnad i blodet med pulsoximetri. Resultatet visade att vid den kraftigare rörelsen, fyra hertz, fungerade pulsoximetern sämre. Rörelse kan inträffa vid till exempel förflyttning av patient.

Omgivande ljus från lampor och dylikt kan även störa pulsoximeterns mätningar. Detta kan motverkas genom att proben täcks över med en gasbinda (Mair et al. 2017).

Fysiologiska felkällor

Fysiologiska felkällor kan vara sjukdomstillstånd, biverkningar av läkemedel, att huden är pigmenterad eller att huden är täckt med hår. (Clarke et al. 2014). Hår kan orsaka att lysdioderna eller fotodioden på pulsoximeterproben inte ligger an direkt mot huden och kan därmed försvåra en mätning. För att säkerhetsställa god kontakt mellan hud och prob bör hår rakas bort samt huden rengöras. Det kan även vara svårt att få ett resultat från pulsoximetern vid mycket tjock hud eller kraftigt pigmenterad hud, till exempel på tassarnas trampdynor (Haskins et al. 2004:196). I en artikel av Chan et al. (2013) nämns även följande tillstånd som felkällor; dålig perfusion i vävnaden, kraftig anemi, sepsis, septisk chock, kolmonoxidförgiftning, methemoglobin, sulfhemoglobin, hyperglobinemi, intravaskulära färgämnen och fetalt hemoglobin.

Inom humansjukvården placeras transmissionprober ofta perifert och påverkas då mer av dålig perfusion som följd av vasokonstriktion, hypotermi eller låg cardiac index (Wax et al. 2009). Vid vasokonstriktion hos djur kan det vara särskilt svårt

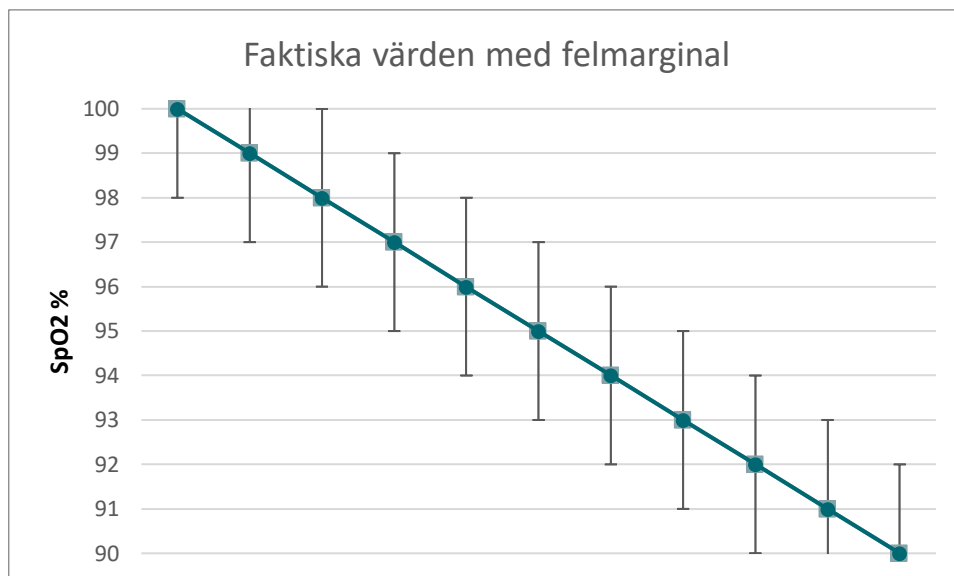
att få ett resultat från pulsoximetern vid placering på öron, tassar och distalt på svansen (Haskins et al. 2004:195). Enligt en artikel av Schallom et al (2007) placeras reflektansprober inom humansjukvården ofta mer centralt, till exempel i pannan, och påverkas då mindre av dålig perfusion i jämförelse med en transmissionprob. De genomförde en studie på intensivvårdspatienter inom humansjukvården där de jämförde reflektansprob och transmissionprob. Resultatet visade att reflektansproben registrerade skillnader i syremättnad tidigare, stämde bättre överens med syremättnad från arteriell blodgas och visade fler lyckade mätningar än med transmissionproben.

Om patienten rör sig, frivilligt eller ofrivilligt, kan en fysiologisk felkälla uppstå. Det kan till exempel uppkomma vid skakningar postoperativt, vid uppvak och vid excitation (Trivedi et al. 1997).

2.4. Felmarginal

En pulsoximeter är kalibrerad för en syremättnad i blodet på mellan 70 och 100% (Chan et al. 2013). Enligt boken *Textbook of Respiratory Disease in Dogs and Cats* (Haskins et al. 2004:187) bedömer författarna att det är mer vanligt förekommande att en pulsoximeter visar ett falskt lågt värde än ett falskt högt värde på syremättnad. Detta innebär att om en pulsoximeter visar olika värden på syremättnad på olika områden på kroppen, är det troligt att det högsta uppmätta värdet på syremättnad även är det värde som närmast motsvarar det sanna värdet (Haskins et al. 2004:187).

När syremättnad i blodet mäts med pulsoximetri finns dock alltid en felmarginal. Storleken på felmarginalen visar hur mycket det uppmätta värdet från pulsoximetern kan avvika från det sanna värdet. Enligt General Electric Company (2012) är felmarginalen inom humansjukvården $\pm 2\%$ för vuxna och pediatrika patienter när syremättnaden är i spannet 70 - 100% (figur 4). Denna felmarginal gäller för alla pulsoximeterprober som är godkända att använda kliniskt. Vid rörelse är motsvarande felmarginal $\pm 3\%$.



Figur 4: Felmarginal på $\pm 2\%$ vid mätning av syremättnad med pulsoximetri.

För att bedöma om ett uppmätt värde på syremättnad från en pulsoximeter är tillförlitligt kan man palpera en artär och beräkna hjärtfrekvensen manuellt. Om den uppmätta hjärtfrekvensen från pulsoximetern avviker från den palperade hjärtfrekvensen är det troligt att även den uppmätta syremättnaden från pulsoximetern avviker från det sanna värdet på syremättnad (Haskins et al. 2004:187).

3. Material och metod

Mätningarna av arteriell syremättnad och hjärtfrekvens med reflektansteknik genomfördes på operationsavdelningen på Universitetsdjursjukhusets smådjurklinik under 9 dagar. Resultat som erhöles jämfördes med resultat från transmissionsteknik vid samma tidpunkt. Hjärtfrekvens uppmätt med respektive teknik jämfördes med palperad hjärtfrekvens från femoralartären. Mätningarna utfördes under dagtid på inbokade och akutinkommande patienter.

3.1. Patientinformation

I undersökningen ingick 17 hundar och fyra katter som var patienter på operationsavdelningen på Universitetsdjursjukhusets smådjursklinik. Åldern på patienterna varierade mellan åtta månader – 12 år. Det var både honor och hanar och av varierande ras. Patienterna var inbokade för olika typer av åtgärder. Det var främst privatägda patienter, vilket innebar att de kom från olika omvårdnadsförhållanden. Patienterna var slumpmässigt utvalda då mätningarna utfördes på patienter som redan var inbokade på operation eller som inkom akut. Därav genomfördes mätningarna på både friska och sjuka djur.

3.2. Materiel

Materiel som användes för undersökningen var en pulsoximeter med reflektansprob (Nellcor® OxiMax® VetSat® SpO2 Rectal/Reflectance Probe) (figur 5) och en pulsoximeter med transmissionprob (Nellcor® OxiMax® VetSat® SpO2 Lingual Probe) (figur 6) samt protokoll på A4-papper. Till pulsoximetern med reflektansprob användes en LifeWindow-monitor (Lifewindow Lite LW8, Swevet,

Sjöbo, Sverige) (figur 7) samt papptejp eller vetrap, självelastisk binda, för att fästa proben mot vävnaden.



Figur 5: Reflektansprob (Foto: Filippa Klippel 2021)



Figur 6: Transmissionprob (Foto: Filippa Klippel 2021)



Figur 7: LifeWindow monitor (Foto: Filippa Klippel 2021)

3.3. Utformning av protokoll

Protokollet, bilaga 1, utformades för att vara enkelt att fylla i och lättöverskådligt. Värden från pulsoximetern med transmissionsteknik och värden från pulsoximetern med reflektansteknik noterades parallellt för att enkelt kunna jämföras. De värden

som ingick i protokollet var syremättnad och hjärtfrekvens från respektive pulsoximeter, placering av respektive prob, djurets kroppstemperatur, om pletysmografikurvan ansågs vara acceptabel samt palperad hjärtfrekvens.

Djurets kroppstemperatur ingick i protokollet då hypotermi kan orsaka låg perfusion i perifer vävnad och därmed försvåra en mätning. Palperad hjärtfrekvens ingick för att kontrollera att värdet från pulsoximetern överensstämde med djurets verkliga hjärtfrekvens.

I protokollet fanns en informationsruta som innehöll djurets namn, datum, djurslag, journalnummer och signalement. Journalnummer ingick för att kunna komplettera med information om läkemedel i efterhand från journalsystemet. Signalement ingick för att enkelt kunna kontrollera att de bilder som togs under mätning tillhörde rätt patientprotokoll.

3.4. Förberedelser

Innan undersökningen påbörjades, funktionskontrollerades både reflektansprob och LifeWindow monitor. Monitorn kopplades in i ett eluttag och pulsoximetern kopplades ihop med monitorn via en monitorkabel. Därefter kontrollerades visuellt att den röda lysdioden på proben lyste.

Innan påbörjad mätning på en patient förbereddes en remsa själv elastisk binda eller papptejp av anpassad längd efter storlek på djur och område för mätning. I protokollet, bilaga 1, antecknades datum, djurslag, djurets namn, journalnummer samt signalement.

3.5. Genomförande av mätning

LifeWindow-monitorn startades upp och reflektansproben placerades på ett förutbestämt område på kroppen. Arbetsuppgifterna delades upp mellan de två författarna. Den ena författaren placerade proben mot vävnaden och den andra

författaren noterade i protokollet samt fotograferade. Det som fotograferades var område för mätning, djurets utseende och med jämna mellanrum pletysmografikurvan på monitorn.

Utöver mätning av syremättnad och hjärtfrekvens med reflektansteknik var vissa patienter även uppkopplade till en pulsoximeter med transmissionsteknik, som övervakades av operationspersonalen enligt klinikens rutiner. När en transmissionprob användes av operationspersonalen var den placerad med en klämma på samma område genom hela ingreppet på samtliga patienter, antingen på tunga, tass, vulva eller i ljumsken. Reflektansproben var placerad på ett flertal områden per patient. Varje mätning med reflektansteknik genomfördes under cirka en minut, dock varierade antal mätningar med område för mätning. Vid tillfällen då inget värde på syremättnad eller hjärtfrekvens visades, eller ett misstänkt felaktigt värde, förbättrades reflektansprobens placering eller placerades på ett nytt område. Antal mätningar berodde även på hur länge narkosen varade vilket varierade mellan tio minuter och tre timmar.

Reflektansproben var kopplad till en LifeWindow-monitor och transmissionproben till en annan LifeWindow-monitor eller en Cardell-monitor.

Under mätningarna antecknades löpande område för respektive prob, syremättnad och hjärtfrekvens uppmätt från respektive pulsoximeter samt palperad hjärtfrekvens. I protokollet noterades även om reflektanstekniken visade en acceptabel pletysmografikurva.

3.5.1. Placering av reflektansprob

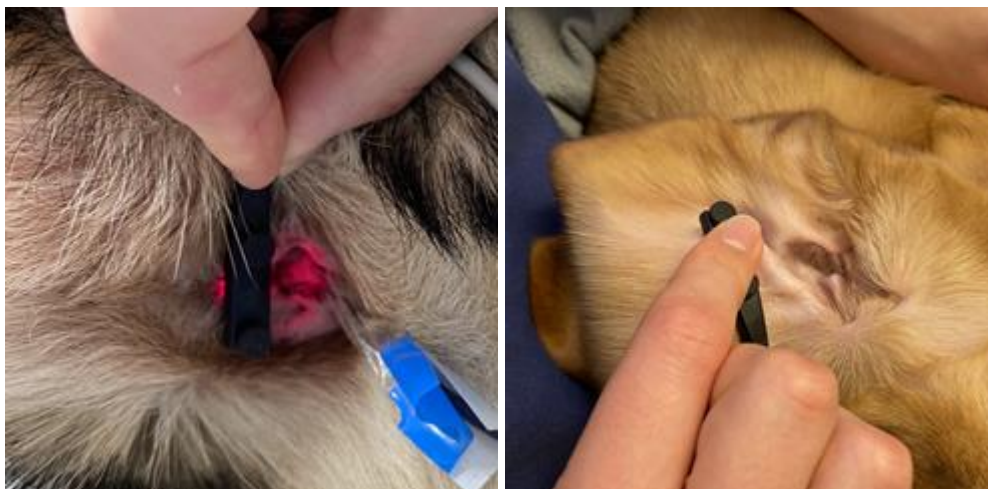
Reflektansproben placerades på antingen svansrot, trampdyna, insida öra, rektalt, has, bredvid analöppning, armhåla, skenben eller i ljumske. Proben placerades inte på samtliga nio områden på kroppen på alla patienter. Vid placering rektalt användes termometerskydd. Reflektansproben placerades mot vävnaden med självelastisk binda eller papptejp på flertalet av områdena. På de områden där det

inte var möjligt att använda självelastisk binda eller papptejp hölls proben på plats för hand enligt figur 8–17 nedan.



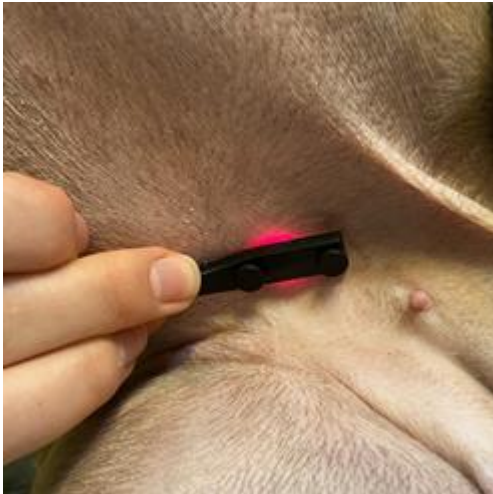
Figur 8: Placering svansrot, hålls på plats för hand. (Foto: Filippa Klippel 2021)

Figur 9: Placering svansrot med självelastisk binda. (Foto: Filippa Klippel 2021)



Figur 10: Placering bredvid analöppning, hålls på plats för hand. (Foto: Filippa Klippel 2021)

Figur 11: Placering insida öra, hålls på plats för hand. (Foto: Filippa Klippel 2021)



Figur 12: Placering ljumske, hålls på plats för hand. (Foto: Filippa Klippel 2021)



Figur 13: Placering ljumske med självlastisk binda (Foto: Filippa Klippel 2021)



Figur 14: Placering tass, hålls på plats för hand. (Foto: Filippa Klippel 2021)



Figur 15: Placering has med självlastisk binda (Foto: Filippa Klippel 2021)



Figur 16: Placering armhåla, hålls på plats för hand. (Foto: Filippa Klippel 2021)

Figur 17: Placering rektalt med termometerskydd (Foto:Filippa Klippel 2021)

3.6. Efterarbete av data

När mätningarna var genomförda kompletterades information på protokollet med sökningar från djursjukhusets journalsystem. Information som hämtades från journalsystemet var bland annat ålder, ras, ingrepp, läkemedel och om syrgas tillfördes. Detta sammanställdes i Tabell 1 och i text. Mätvärdena från protokollet sammanställdes i ett Excel-dokument. Detta redovisades i olika diagram för att tydligare kunna visa samband mellan de olika parametrarna. Bilder som togs under mättillfällena lades in i separata mappar för varje patient, som märktes med namn och journalnummer, för att kunna användas i utvärderingssyfte senare i arbetet.

4. Resultat

Totalt undersöktes 17 hundar och fyra katter. Samtliga patienter var sederade med medetomidin och en opioid, varav två även fick en NSAID. Femton av patienterna var sövda med propofol eller ketamin vid tillfälle för mätning, varav fem inhalerade isofluran. Resterande sex patienter var endast sederade vid tillfälle för mätning. Samtliga patienter andades syrgas, via tub eller Flowby. Arton av patienterna var inbokade för operation och tre av patienterna inkom akut.

Enligt tabell 1 var resultat möjligt att få på 13 av totalt 21 patienter vilket innebar att minst ett värde på syremättnad kunde utläsas med reflektansteknik, oavsett antal mätningar som genomfördes på patienten. Av dessa 13 patienter var det endast en katt. Majoriteten av de patienter där resultat var möjligt hade kort pälslängd.

Tabell 1: Information om samtliga patienter som ingick i mätningarna med reflektansteknik.

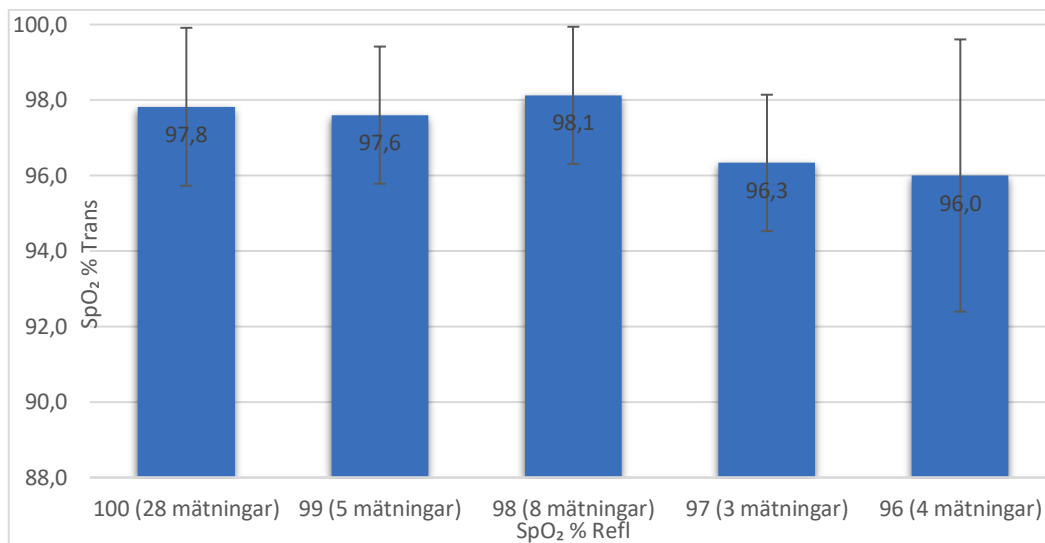
**¹Om minst ett värde för syremättnad kunde utläsas *²American Bully *³Kerry Blue Terrier *⁴Old English Bulldog *⁵Yorkshire Terrier *⁶Brachycephalic Obstructive Airway Syndrome *⁷Artroskopi *⁸Tibial Plateau Leveling Osteotomy *⁹Computed Tomography*

Hund (H) Katt (K)	Ålder (År)	Kön	Ras	Pälslängd	Färg	Ingrepp	Resultat. möjligt* ¹
1 H	<1	Hane	Labrador	Kort	Gul	Ögon	Ja
2 H	11	Hane	Blandras	Lång	Flerfärgad	Ögon	Nej
3 H	3	Tik	A.Bully* ²	Kort	Brun	Klokapsel	Ja
4 H	6	Hane	Jack Russell	Kort	Flerfärgad	Bandagebyte	Ja
5 H	3	Tik	Malinois	Kort	Brun	Tand	Ja
6 H	3	Hane	Schäfer	Kort	Flerfärgad	Ledspolning	Ja
7 H	6	Hane	Blandras	Kort	Gul	Knöl + ögon	Ja
8 H	5	Tik	Lagotto	Kort	Vit	Ögon	Ja
9 H	3	Hane	Labrador	Kort	Gul	Ögon	Ja
10 H	5	Hane	Mops	Kort	Svart	BOAS* ⁶	Ja
11 H	6	Hane	Blandras	Lång	Flerfärgad	Ledspolning	Ja
12 H	9	Hane	K. B.Terrier* ³	Lång	Svart	Knöl	Nej
13 H	4	Tik	Blandras	Kort	Svart	Tand	Nej
14 H	4	Hane	O.E Bulldog* ⁴	Kort	Brun	Artro* ⁷ + TPLO* ⁸	Nej
15 H	6	Hane	Blandras	Lång	Flerfärgad	Bandagebyte	Nej
16 H	2	Hane	Schäfer	Lång	Flerfärgad	Tand	Ja
17 H	2	Hane	Y. Terrier* ⁵	Lång	Flerfärgad	CT* ⁹ + nacke	Ja

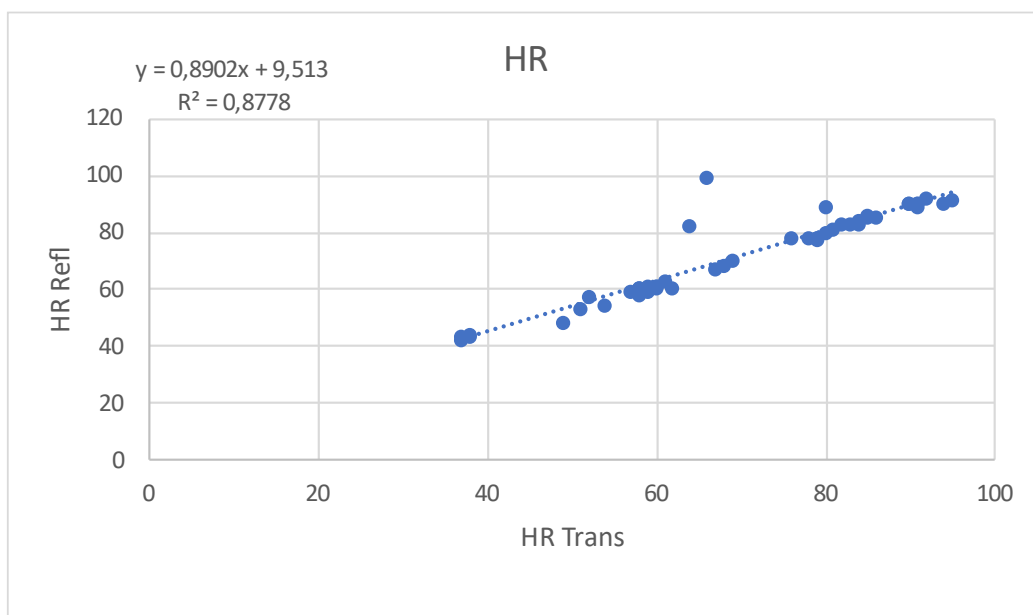
1 K	12	Hane	Europé	Kort	Röd	Sond	Nej
2 K	4	Hona	Huskatt	Lång	Vit	Pyometra	Nej
3 K	10	Hane	Huskatt	Kort	Flerfärgad	Tand	Ja
4 K	12	Hona	Huskatt	Kort	Flerfärgad	Knöl	Nej

Totalt genomfördes 139 mätningar med reflektansteknik, 113 på hund och 26 på katt. Av dessa erhöles ett värde på syremättnad vid 96 mätningar, vilket motsvarar 69%. Vid mer än hälften av de 96 mätningarna var reflektansproben placerad på svansroten och vid en fjärdedel placerad i ljumsken. Vid placering av reflektansprob på trampdyna, rektalt eller insida öra visade pulsoximetern inget värde på syremättnad eller hjärtfrekvens vid någon av mätningarna. En pulsoximeter med transmissionsteknik nyttjades kontinuerligt på endast tolv patienter. På resterande patienter nyttjades transmissionsteknik inte alls eller endast vid enstaka tillfällen och därmed erhöles inte ett värde på syremättnad med transmissionsteknik vid samtliga mätningar med reflektansteknik. När en pulsoximeter med transmissionsteknik nyttjades, gav den ett resultat vid 97% av mätningarna.

När pulsoximetern med reflektansteknik visade ett värde på syremättnad och hjärtfrekvens stämde det väl överens med värdet från pulsoximetern med transmissionsteknik. I figur 18 redovisas sambandet mellan värdet på syremättnad med reflektansteknik och transmissionsteknik vid samma tidpunkt. Värdet på syremättnad med transmissionsteknik visas som ett medelvärde med standardavvikelse, där värdet faller inom ramen för den felmarginal som nämns i bakgrunden. I figur 19 redovisas sambandet mellan hjärtfrekvens uppmätt med reflektansteknik och transmissionsteknik vid samma tidpunkt. Detta diagram indikerar ett starkt positivt samband ($R^2=0,8778$) mellan de två variablerna.



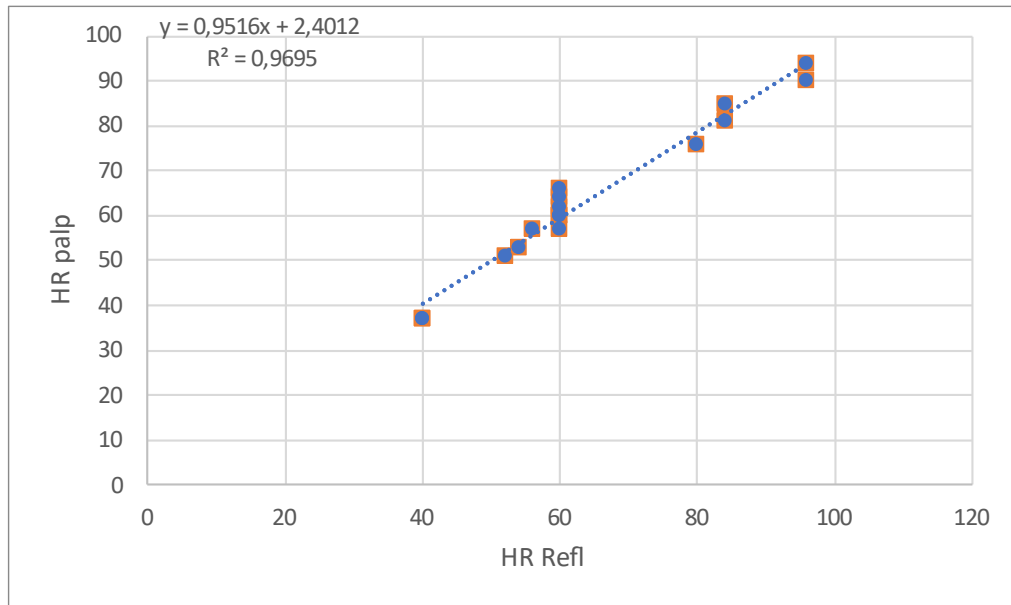
Figur 18: X-axeln visar syremättnad (SpO₂ %) och antal mätningar (inom parentes) med reflektansteknik (Refl). Y-axeln visar medelvärdet (± standardavvikelse) på syremättnad (SpO₂ %) med transmissionsteknik (Trans) vid samma mättidpunkt.



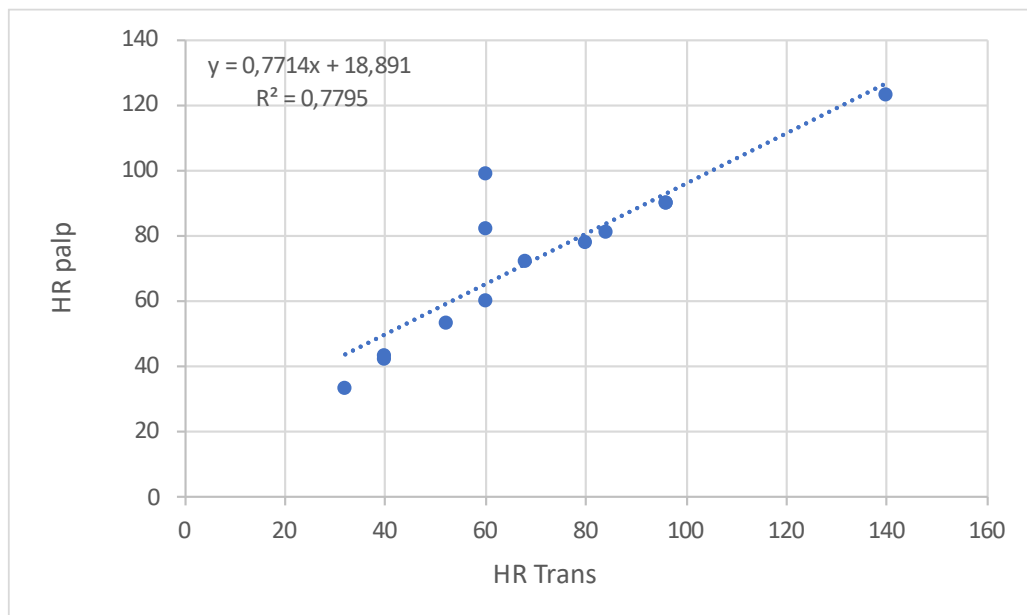
Figur 19: Sambandet mellan hjärtfrekvens (HR) uppmätt med reflektansteknik (Refl) och transmissionsteknik (Trans) vid samma mättidpunkt.

När tillfälle gavs palperades femoralartären och hjärtfrekvensen noterades. I figur 20 redovisas sambandet mellan palperad hjärtfrekvens och hjärtfrekvens uppmätt med reflektansteknik vid samma tidpunkt. I figur 21 redovisas sambandet mellan palperad hjärtfrekvens och hjärtfrekvens uppmätt med transmissionsteknik vid

samma tidpunkt. Resultaten indikerar ett starkt positivt samband mellan variablerna ($R^2=0,9695$ respektive $R^2=0,7795$).



Figur 20: Sambandet mellan palperad hjärtfrekvens (HR palp) och hjärtfrekvens uppmätt med reflektansteknik (HR Refl) vid samma mättidpunkt.



Figur 21: Sambandet mellan palperad hjärtfrekvens (HR palp) och hjärtfrekvens uppmätt med transmissionsteknik (HR Trans) vid samma tidpunkt.

Pletysmografikurvan från pulsoximetern med reflektansteknik ansågs acceptabel vid majoriteten av mätningarna. Kurvan ansågs acceptabel när den följde motsvarande vågor från elektrokardiografin. Vid en syremättnad under 93% avvek pletysmografikurvan från det regelbundna mönstret och ansågs därmed inte acceptabel. Pletysmografikurvans amplitud var likställd med pulsstyrkan som varierade med placering. Amplituden var oftast högre vid placering på svansrot än i ljumske.

5. Diskussion

5.1. Resultat

Resultatet av denna studie visar att det går att mäta blodets syremättnad och hjärtfrekvens hos hundar med hjälp av reflektansteknik. För att kunna påvisa detsamma hos katter krävs att fler mätningar genomförs. Enligt figur 18 korrelerar värdet på syremättnad uppmätt med transmissionsteknik och reflektansteknik väl, dock visar figuren endast när det fanns ett värde från båda pulsoximetrarna vid samma tidpunkt. Vid flertal tillfällen när mätningar med reflektansteknik genomfördes användes inte en pulsoximeter med transmissionsteknik och därmed finns inte dessa mätningar med i figuren. Transmissionsteknik användes inte under bland annat kortare sederingar då det inte ansågs nödvändigt enligt operationspersonalen. I vissa fall saknades en pulsoximeter med transmissionsteknik i lokalen. När transmissionsteknik nyttjades erhöles ett resultat vid en större andel av mätningarna, 97%, jämfört med reflektansteknik, 69%. Däremot visade reflektanstekniken ofta högre värden på syremättnad. Då det är vanligare att en pulsoximeter visar ett falskt lågt värde än ett falskt högt (Haskins et al. 2004:187), kan det innebära att reflektansteknikens värde är mer tillförlitligt. Att transmissionproben gav ett resultat på en högre andel av mätningarna kan bero på olika förutsättningar, såsom olika placeringar på kroppen. Det kan även bero på att operationspersonalen besitter mer praktisk kunskap om hur man bäst placerar en transmissionprob. Att författarna av detta arbete enbart besatt teoretisk kunskap om placering av reflektansprob och inte utförde mätningar på testpatienter innan påbörjad studie kan ha haft betydelse för den lägre andelen erhållna resultat.

Under undersökningen analyserades inga arteriella blodgaser och därmed finns ingen vetskap om det sanna värdet på blodets syremättnad. Detta innebär att det inte

går att avgöra huruvida värdet på syremättnad uppmätt med pulsoximeter överensstämmer med det sanna värdet på syremättnad. Dock visas ett starkt positivt samband mellan palperad hjärtfrekvens och hjärtfrekvens uppmätt med reflektans- eller transmissionsteknik, enligt figur 20 och 21. Att den uppmätta hjärtfrekvensen överensstämmer med den palperade hjärtfrekvensen kan tyda på att även den uppmätta syremättnaden överensstämmer med det sanna värdet på syremättnad, som förklaras i boken *Textbook of Respiratory Disease in Dogs and Cats* av Haskins et al. (2004:187).

5.2. Metod

Felkällor

Enligt tabell 1 erhöles ett resultat på 12 av 17 hundar samt en av fyra katter. Procentuellt innebär det att resultat erhöles vid mätning på 71% av hundarna och 25% av katterna. Detta skulle kunna indikera att det är lättare att mäta syremättnad med reflektansteknik på hundar jämfört med katter. Dock var det endast fyra katter med i undersökningen, cirka 19% av samtliga patienter, vilket är en för liten populationsgrupp för att kunna göra ett sådant uttalande. Anledningen till att färre mätningar genomfördes på katter än hundar var en ojämnh fördelning mellan katter och hundar som var patienter på operationsavdelningen de dagar undersökningen genomfördes.

Som tidigare nämnt placerades reflektansproben inte på alla nio områden på kroppen på samtliga patienter. På vissa områden var placering inte möjlig på grund av aseptiska och praktiska skäl. Vid ovariehysterektomi var det till exempel inte möjligt att placera reflektansproben i ljumsken och vid ögoningrepp var det inte möjligt att placera proben på insida öra. I vissa fall fanns inte tillräckligt med tid för att placera proben på samtliga områden. Vid flest mätningar med reflektansteknik var proben placerad på svansrot eller i ljumske. Flest resultat på syremättnad och hjärtfrekvens med reflektansteknik gavs även från svansrot och i ljumske. Det är möjligt att resultatet hade varit annorlunda om lika många

mätningar hade genomförts på samtliga områden på kroppen. Dock förflyttades proben om en placering på ett område inte gav ett resultat. Vid placering på svansrot och i ljumske gavs ett resultat direkt på de flesta patienter, vilket möjliggjorde att proben kunde sitta kvar under flera mätningar. Däremot vid placering på trampdyna, insida öra eller rektalt erhöles inte något resultat på en enda patient, vilket gjorde att proben förflyttades till ett nytt område redan efter några mätningar. Att inget resultat erhöles från trampdyna, öra eller rektalt kan bero på flera anledningar. Reflektansproben placerades i mitten av örat där det till stor del består av hårt brosk och brosk innehåller inte blodkärl. Dessutom skriver Haskins et al. (2004:196) att mycket tjock hud kan försvåra mätning och brosk skulle kunna likställas med tjock hud. Det är troligt att vid tjockare hud så absorberas mer av ljuset från pulsoximetern. Att inget resultat erhöles från trampdynor beror troligtvis på att dessa är både pigmenterade och har mycket tjock hud, vilket även beskrivs i artikeln av Haskins et al. (2004:196). Vid placering rektalt var det svårt att få reflektansproben att ligga dikt an med ett tillräckligt tryck mot slemhinnan, särskilt då muskelavslappnande läkemedel ofta används vid anestesi. Det var även ofta avföring i rektum som möjligtvis kan ha hamnat mellan prob och slemhinna.

Som tidigare nämnt i bakgrunden är de vanligaste placeringarna inom humansjukvården på panna, finger, öra eller näsa (Chan et al. 2013). Vid användning av en reflektansprob är det även fördelaktigt att placera proben över bröstbenet (König et al. 1998). Att dessa placeringar fungerar bäst inom humansjukvården beror förmodligen på flera faktorer; de flesta är belägna nära skelettben och dessutom centralt på kroppen samt att huden är tunn och mycket kärlrik. Inför val av områden för mätning i denna studie var ett stort fokus att de skulle vara hårlösa och ovan nämnda faktorer togs inte i beaktning. Då en reflektansprob har en lägre intensitet på ljuset som når fotodioden än en transmissionprob (Duke-Novakowski et al. 2016) bör fokuset varit mer på att välja områden som ger en bra reflektion av ljus. Det optimala är troligtvis om ljuset reflekteras tillbaka till fotodioden utan att ha absorberats till för stor del av omgivande vävnad. Då hårda, släta material reflekterar ljus bättre än material med

lägre densitet vore förmodligen det optimala att låta ljuset reflektera mot ett skelettben utan tjock vävnad emellan, såsom brosk eller fettvävnad.

Något som är viktigt att ha i åtanke vid tolkning av sambandet mellan syremättnad eller hjärtfrekvens uppmätt med reflektansteknik och transmissionsteknik är att vid dokumentering av värdena registrerades dessa från en monitor i taget vilket innebär att det var några sekunders fördröjning. Detta kan ha medfört en möjlig förändring av värdet innan det registrerades i protokollet.

Placering av reflektansprob med självelastisk binda genomfördes utan dynamometer och därför kan proben ha haft olika tryck mot vävnaden och på så sätt givit olika resultat. Som beskrivet i bakgrunden kan en prob som placerats med för högt tryck mot vävnaden orsaka venösa pulsationer som ger ett falskt för lågt värde på blodets syremättnad (Chan et al. 2013). Ett för högt tryck kan även orsaka låg perfusion i området (Haskins et al. 2004:187) Om proben däremot är placerad för löst är det lätt att proben rör sig under den elastiska bindan och ger då inget mätvärde alls. Proben placerades på ungefär samma område under mätningarna men då specifika anatomiska landmärken inte användes kan detta vara en felkälla att ta i beaktning.

Reflektioner

I början av undersökningen var planen att fästa reflektansproben med papptejp. Dock upptäcktes snabbt att detta inte fungerade optimalt då tejpens fastnade i pälsen och på operationsduken. Den kunde heller inte återanvändas vilket innebar att det förbrukades en stor mängd material och tid. Därför togs beslutet att byta ut papptejpen mot en självelastisk binda som var lätt att placera och gav ett mer jämnt tryck över prob och vävnad då den hade en större diameter. Den elastiska bindan gick dessutom att återanvända på samma patient vilket minskade materialförbrukningen.

Reflektansproben kunde enkelt placeras med hjälp av den självelastiska bindan på svansrot, has, skenben och trampdyna, dock med vissa undantag då patientens

storlek försvårade. Det var till exempel svårt att placera reflektansproben på trampdynorna på väldigt små djur, då proben var större än trampdynan. Resterande områden innebar en del svårigheter vid placering med självelastisk binda av anatomiska skäl. Vid placering i till exempel ljumsken hade bindan en tendens att glida i väg distalt och det krävdes dessutom en stor mängd självelastisk binda.

Vid tillfällen då mätning inte behöver ske kontinuerligt kan reflektansproben hållas på plats för hand. Den är till skillnad från en transmissionprob inte beroende av att behöva placeras på båda sidor av vävnaden och kan därför placeras i princip var som helst på kroppen. När situationen kräver kontinuerlig mätning på svårplacerade områden behövs andra appliceringsmetoder än de som nämns i detta arbete. I boken *Understanding Anesthesia Equipment* av Dorsch et al. (2008) står det beskrivet om placeringar av pulsoximeterprober inom humansjukvården. Det finns bland annat en självhäftande engångsprob som används på näsan. Detta är något som även skulle vara användbart inom djursjukvården. Dock kan det vara svårt att fästa en självhäftande engångsprob ovanpå päls utan det måste med all sannolikhet vara på ett slätrakat område.

Undersökningen visade att reflektansproben inte påverkades av förflyttning eller rörelse av patient vid placering på svansrot, has eller skenben med självelastisk binda. Transmissionproben hade däremot en tendens att lossna vid rörelse. Detta berodde troligtvis på att transmissionproben satt fast med ett lägre tryck mot vävnaden än reflektansproben. Transmissionproben fungerar väl vid mätning på sövda djur då de ligger helt stilla, men skulle troligtvis ramla av vid mätning på vakna djur. Reflektansproben skulle däremot kunna användas för mätning på både sövda och vakna djur, då den sitter mer stabilt.

Majoriteten av artiklarna som har använts i detta arbete är baserade på forskning inom humansjukvården, då det inte finns forskning i samma utsträckning om reflektansteknik inom djursjukvården. Detta innebär att informationen inte går att implementera på djur, däremot kan inspiration hämtas från artiklarna för vidare forskning. En väsentlig skillnad gentemot humansjukvården är att djur har päls.

Som beskrivet i boken Textbook of Respiratory Disease in Dogs and Cats av Haskins et al. (2004:187) kan hår medföra att proben får dålig kontakt med vävnaden och därmed försvåra en mätning. Detta problem skulle kunna lösas genom att raka området för mätning. Dock hade det krävts medgivande av djurägaren, vilket inte ansöktes om i denna undersökning. Innan undersökningen påbörjades förväntades detta bli ett stort problem och därför valdes placeringarna av reflektansproben efter de områden som normalt är relativt hårlösa, då ingen av patienterna rakades vid området för mätning. Dock gavs ett resultat på majoriteten av mätningarna genom att sära på pälsen och placera proben i benan. Däremot var det svårt att placera proben tätt mot huden vid mycket tjock päls. Enligt tabell 1 erhöles resultat endast vid tre av sju patienter med lång päls, vilket motsvarar 42%. Det upplevdes även svårare att mäta syremättnad på patienter med svart päls eller mycket pigmenterad hud då resultat endast erhöles från en av tre patienter, enligt tabell 1.

Vid mätning av syremättnad på kraftigt överviktiga patienter upplevdes reflektansproben svår att placera då vävnaden rörde sig mer än hos patienter med normalt hull. Anledningen till att detta arbete inte inkluderade information om patienternas hull var för att avgränsa samt undvika ett alltför omfattande arbete. Det hade inneburit mätning av samtliga patienters Body Condition Score.

Enligt artikeln av Mair et al. (2017) kan omgivande ljuskällor störa pulsoximeters mätningar. Då reflektansproben var täckt med en själv elastisk binda, som troligtvis blockerade det omgivande ljuset, var detta inget som togs i beaktning. Ingen själv elastisk binda användes till transmissionproben och den kan därmed påverkats av omgivande ljus.

Genomförande

Undersökningen gick i sin helhet mycket bra att genomföra. Personalen på operationsavdelningen på Universitetsdjursjukhuset var hjälpsamma och samarbetet fungerade bra. Flera anställda engagerade sig i arbetet då de fann detta intressant. Lokalerna var rymliga vilket minimerade störningarna för personal på

plats. Då sjukhuset är stort och har många kunder var det alltid ett jämnt flöde av patienter.

Att genomföra denna undersökning och dess arbetsuppgifter på två personer upplevdes fungera bra. Undersökningen skulle inte vara lämplig att genomföra på egen hand då det var många moment som skulle utföras samtidigt, till exempel placering av prob, anteckna och fotografera. Om man skulle vara fler än två personer skulle det troligtvis bli för trångt i operationssalarna.

Författarna anser att protokollets utformning var tydligt och lättöverskådligt. Då värdena från transmissionsteknik och reflektansteknik noterades parallellt var det enkelt att jämföra dessa och överföra informationen till datorn. Det som i efterhand kunde ha uteslutits ur protokollet var djurets kroppstemperatur eftersom sambandet mellan kroppstemperatur och syremättnad och puls inte undersöktes i detta arbete.

Studien har varit begränsad på grund av Covid-19-restriktioner vilket innebar en maxgräns på fem personer per sal. Dessutom var det fler veterinärstudenter på plats än förväntat vilket gjorde att detta arbete bortprioriterades i vissa situationer. Författarna kunde heller inte delta på alla operationer, dels på grund av risk för egen hälsa samt att vissa ingrepp krävde minimal beröring av patient. Detta ledde till att det slutgiltiga antalet patienter som ingick i undersökningen var lägre än förväntat.

LifeWindow-monitorn krävde konstant strömtillförsel vilket innebar att det inte gick att fortsätta mäta vid förflyttning av patient från förberedelsesal till operationssal. Monitorn tog även lång tid att starta upp. Det hade varit en fördel att ha en monitor med internt batteri för att kunna starta upp monitorn innan inträde på sal. Det hade dessutom minskat infektionsrisken för patienten att färre människor befann sig i operationssalen under en kortare tid.

5.3. Framtida studier

Inom djursjukvården finns få studier kring mätning av blodets syremättnad med reflektansteknik och vi hoppas att detta arbete kan inspirera andra att forska mer kring detta ämne. I liknande studier i framtiden skulle det vara intressant att jämföra syremättnad uppmätt med reflektansteknik och syremättnad uppmätt med arteriell blodgas. Det skulle även vara intressant att undersöka huruvida faktorer som patientens pälsfärg, pälsfärg samt "Body Condition Score" påverkar resultatet vid mätning med pulsoximeter. Dock krävs det att fler patienter medverkar och att fler mätningar genomförs för att kunna hävda att det har statistisk signifikans.

För att kunna avgöra vilka områden på kroppen som är optimala för mätning med reflektansteknik krävs det att det i framtida undersökningar genomförs lika många mätningar på varje område. Det vore även intressant att undersöka huruvida resultatet påverkas om området på kroppen är rakat eller inte. Författarna anser att om det skulle visa sig betydligt enklare att få ett resultat på ett rakat område skulle nyttan av att kunna mäta syremättnaden överväga påverkan på estetiken.

6. Slutsats

Resultatet av denna undersökning visar att det är möjligt att mäta blodets syremättnad på hundar med reflektansteknik. För att kunna dra samma slutsats gällande katter kräver det ytterligare undersökningar. Enligt undersökningens resultat är de optimala placeringarna av reflektansprob på svansrot och ljumske. Dock genomfördes flest antal mätningar på dessa områden. Detta innebär att det är möjligt att placering på andra områden kan ge liknande resultat vid samma förutsättningar. Pulsoximeter med reflektansteknik kan vara ett bra alternativ vid mätning av syremättnad eller hjärtfrekvens när en pulsoximeter med transmissionsteknik ger resultat som inte är tillförlitliga eller om en transmissionprob inte kan användas. Detta kan till exempel gälla vid intensivvård om en patient har låg perfusion i sina extremiteter eller vid tandåtgärder då transmissionproben inte kan placeras på tungan.

Referenser

Calabro, Janine M. Prittie, Jennifer E. Palma, Douglas A. (2013). Preliminary evaluation of the utility of comparing SpO₂/FiO₂ and PaO₂/FiO₂ ratios in dogs. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*. Vol. 23 (3), 280-285.

<https://doi.org/10.1111/vec.12050>

Chan, Edward D. Chan, Michael M. Chan, Mallory M. (2013). Pulse oximetry: Understanding its basic principles facilitates appreciation of its limitations. *Respiratory medicine*. Vol. 107 (6), 789-799.

<https://doi.org/10.1016/j.rmed.2013.02.004>

Clarke, Kathy W. Trim, Cynthia M. Hall, L. W. (2014). *Veterinary Anaesthesia E-book*. Eleventh edition. Elsevier Health Sciences.

Dorsch, Jerry A. Dorsch, Susan E. (2008). *Understanding anesthesia equipment*. Fifth edition, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Duke-Novakovski, Tanya. de Vries, Marieke. Seymour, Chris. (2016). *BSAVA Manual of Canine and Feline Anaesthesia and Analgesia*. Third edition, Gloucester: British Small Animal Veterinary Association.

General Electric Company (2012). *B40 Patient Monitor Användarhandbok Relaterat till mjukvara VSP-B*. [Användarhandbok]. Milwaukee: GE Medical Systems Information Technologies, Inc.

Haskins, C. Steve. Hendricks, C. Joan. (2004). *Textbook of Respiratory Disease in Dogs and Cats*. St. Louis: Elsevier Inc. 181-197.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-7216-8706-3.X5001-4>

Jensen, Louise A. Onyskiw, Judee E. Prasad, N.G.N. (1998). Meta-analysis of arterial oxygen saturation monitoring by pulse oximetry in adults. *Heart & Lung*. Vol. 27 (6), 387-408. [https://doi.org/10.1016/S0147-9563\(98\)90086-3](https://doi.org/10.1016/S0147-9563(98)90086-3)

König, Volker. Huch, Renate. Huch, Albert. (1998). Reflectance pulse oximetry – Principles and obstetric application in the Zurich system. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. Vol. 14, 403-412. Doi: 10.1023/a:1009983010772

Lee, Hooseok. Ko, Hoon. Lee, Jinseok. (2016). Reflectance pulse oximetry: Practical issues and limitations. *ICT Express*. Vol. 2 (4), 195-198. <https://doi.org/10.1016/j.ict.2016.10.004>

Mair, A. Martinez-Taboada, F. Nitzan, M. (2017). Effect of lingual gauze swab placement on pulse oximeter readings in anaesthetised dogs and cats. *Veterinary Record*. Vol. 180 (2), 49-49. <https://doi.org/10.1136/vr.103861>

Schallom, Lynn. Sona, Carrie. McSweeney, Maryellen. Mazuski, John. (2007). Comparison of forehead and digit oximetry in surgical/trauma patients at risk for decreased peripheral perfusion. *Heart & Lung*. Vol. 36 (3), 188-194. <https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2006.07.007>

Trivedi, Narendra S. Ghouri, Ahmed F. Shah, Nitin K. Lai, Eugene. Barker, Steven J. (1997). Effects of motion, ambient light, and hypoperfusion on pulse oximeter function. *Journal of Clinical Anesthesia*. Vol. 9 (3), 179-183. [https://doi.org/10.1016/S0952-8180\(97\)00039-1](https://doi.org/10.1016/S0952-8180(97)00039-1)

Wax, David B. Philip, Rubin. Neustein, Steven. (2009). A comparison of Transmittance and Reflectance Pulse Oximetry During Vascular Surgery. *Anesthesia & Analgesia*. Vol. 109 (6), 1847-1849. doi:10.1213/ANE.0b013e3181bbc446

Tack

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Anneli Rydén för stöd genom hela examenarbetet. Vi vill också tacka Lena Olsén som tillsammans med vår handledare hjälpt oss redovisa vårt resultat med fina diagram.

Utan SLU Universitetsdjursjukhuset hade vårt arbete inte varit möjligt att genomföra och vi är mycket tacksamma över deras insats. Ett speciellt tack till Desirée Ferrari som lärt oss mycket om syremättnad och pletysmografikurvor.

Tack till våra klasskamrater som opponerat på arbetet och hjälpt oss finslipa på detaljerna.

Bilaga 1



Protokoll